

上海汽车工业科技发展基金会

# 产学研课题招标指南

2022 年 3 月 15 日

**招标课题：**质子交换膜燃料电池相变散热技术研究

**提出课题单位：**上海捷氢科技股份有限公司

**要求课题完成时间：**2022 年 7 月-2023 年 10 月

## 一、总体目标：

基于相变传热技术，针对质子交换膜燃料电池特点，研究均温板（VC）气液两相流动特性及其对换热性能的影响机制，建立均温板散热燃料电池堆的热电耦合仿真模型，揭示热管流动传热与燃料电池发电性能的耦合机制，研发均温板散热型电堆设计方法，试制均温板集成式双极板零件，同时开展实验验证传热性能并验证仿真模型准确性。

1. 设计并完成均温板集成式双极板，并建立仿真模型预测及计算散热性能。
2. 完成均温板集成式双极板制造工艺方案并加工样件。
3. 设计实验并完成样件热传及散热性能测试，标定和验证仿真模型准确性
4. 组装均温板集成式短堆并验证短堆性能

## 二、阶段目标：

2022.07 - 2022.09：完成均温板集成式双极板设计及散热仿真计算

2022.10 - 2022.12：完成均温板集成式双极板工艺设计并加工样件

2023.01 - 2023.03：完成均温板集成双极板零件级测试及短堆级测试

2023.04 - 2023.06：完成传热模型标定及性能测试，同时验证仿真模型，优化设计

2023.07 - 2023.09：完成集成式双极板各设计参数与电堆性能及散热关系，同时明确不同工艺，不同材料，不同设计件的关系。

2023.10：结题报告

## 三、研究内容：

### （一）相变散热型燃料电池需求分析

传统 PEMFC 燃料电池采用水冷系统进行热管理。整个散热系统包含水泵，冷却水管路，阀门，控制器，散热器，风扇，支架等等。其缺点是辅助系统设计复杂，并且整个冷却

系统的体积和重量占整个系统的比重很高。随着燃料电池在各领域的应用推广，尤其是在低空飞行器领域的探索，对燃料电池系统质量比功率的要求越来越高，既，在同等输出功率的条件下，需要系统的总重量下降接近约 50%。显然传统冷却系统无法满足此要求。因此热管散热型燃料电池的需求应运而生。

相变换热器，也叫热管散热器，其特点是其导热能力高于传统材料两个数量级以上，因此可以迅速将电堆内部热量传导到外部，进行冷却散热。借助自然或者强制对流，可以将热量迅速排出，从而节约了整个冷却系统的重量。

## （二）热管原理

热管散热器的原理是利用工作流体在相变化时所具有的潜热来传送热量。在操作温度范围内，其传热能力约为铜等高热传导性材料的数十甚至数百倍之多，因而有热的超导体之称。利用热管配合设计的模块将主要发热源产生的热量传到外部，除了有效解决小空间散热的问题，同时兼顾到无噪音、不须提供额外能量的优点。

热管在设计中主要考量下面几点因素：

1. 工作介质：工作介质的选择直接影响了热管的工作环境温度，主要选择标准包括：
  - a) 操作温度：选择沸点在操作温度附近的工质才能使其顺利在热管内部进行蒸发和凝结。
  - b) 热传量：工质的表面张力大，在热管内部液体流动过程中产生的毛细力便增加，有助于液体的回流；汽化潜热大，表示单位质量吸收或释放的热量，即热传量增加；液体黏滞系数小，在流动过程中阻力便降低，同样有助于液体的回流。
  - c) 热阻：一定蒸汽压降下，蒸汽温差小的工质使热管的轴向热阻较小。
  - d) 管壳与毛细结构的兼容性：与管壳或毛细结构产生化学变化的工质是不能采用的。
2. 管壳材料选择：必须选择传导率较高的材质，尤其对于管径较小的热管。
3. 毛细结构选择：一般较小尺寸的热管通常考虑使用单一结构，包括沟槽式、网目式及烧结式。

## （三）主要研究内容

针对质子交换膜燃料电池特点，研究热管气液两相流动特性及其对换热性能的影响机制，建立热管散热燃料电池堆的热电耦合仿真模型，揭示热管流动传热与燃料电池发电性能的耦合机制，研究热管散热型电堆设计方法，具体内容如下：

### 1. 热管气液两相流动特性及其对换热性能的影响机制

针对质子交换膜燃料电池工作特点，进行热管工质选型与初步设计。建立热管流动传热模型，研究热管结构参数和操作条件对热管内部流动传热性能及均温性的影响规律。搭

建热管散热器性能实验系统，研究不同操作条件下的热管温度分布、热阻和传热极限等性能，验证热管散热器性能仿真模型。

## 2. 热管散热型燃料电池热电耦合仿真研究

建立考虑热管流动传热和燃料电池流动传热与电化学反应的多场耦合仿真分析模型，研究热管、燃料电池流道尺寸等关键结构参数对燃料电池均温性、反应物浓度、水热状态及发电性能的影响规律。搭建热管散热型燃料电池短堆实验系统，研究不同工况下的燃料电池与热管性能，验证热电耦合仿真模型。

## 3. 热管散热型燃料电池堆设计方法

基于热管传热参数化模型，建立低维度的热管散热型电堆流动、传热与电化学反应模型，研究热管关键参数对电堆散热、发电性能和功率密度的影响规律，基于神经网络优化算法，发展高功率密度热管散热型电堆设计方法。

1. 相变散热型电堆是目前燃料电池行业最前沿的技术，并且新型散热技术的研发设计需展开材料、结构、仿真模型以及实验等各个领域的工作，涉及到的工作范围包含电堆核心零部件，电堆，系统，系统零部件，系统架构及整车集成全范围的改型与适配。当前公司的擅长领域暂不涉及到相变散热零件本身的设计，制造以及仿真模型的搭建工作，尤其是相变散热结构本身是学术研究的最前沿领域。因此公司需加强此方面的能力建设，为后续开展电堆及系统的结构设计及性能优化做好准备。

2. 通过产学研的合作，公司将掌握如下研发能力：

- 1) 相变散热器（热管，均温板等）核心设计方法，性能仿真手段，关键设计参数以及性能优化方法
- 2) 相变散热器的结构设计方法，制造工艺，材料选型方案，以及在量产过程中的优化措施
- 3) 掌握相变散热型电堆性能热电耦合仿真分析方法，通过温度场，水平衡及传热传质模型的深度结合，优化电堆设计

### （四）具体设计目标

- 1) 均温板集成式双极板热传导系数 $>4000\text{W/m}\cdot\text{K}$ ，均温板温差 $<5^{\circ}\text{C}$
- 2) 20 节短堆性能达到出口温度  $75^{\circ}\text{C}$
- 3) 电堆功率密度达到  $0.6\text{W}/\text{cm}^2$
- 4) 完成刻蚀板样件制造并完成所有性能验证
- 5) 完成刻蚀板与冲压板工艺对性能造成的影响评估。
- 6) 完成不同基材（不锈钢，铜，钛）对集成板型的性能影响

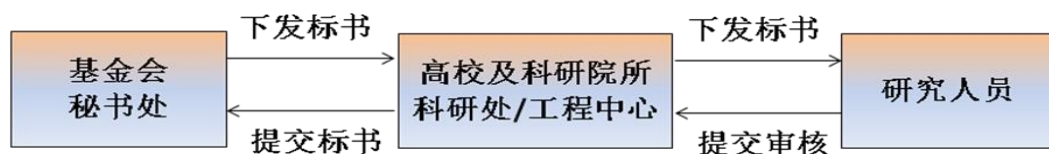
#### 四、资助金额：

人民币 25 万元（资助款直接支付给高校或科研院所，若费用不够，由企业补充+高校或科研院所自筹。）

#### 五、其它：

1、招投标材料含《招投标指南》、《资质认定表》、《标书（项目可行性方案）》。

2、竞标团队应通过高校/科研院所科研主管部门统一在**2022 年 4 月 20 日前**向**上汽科技基金会秘书处**提交书面《资质认定表》一份，书面《标书》一式两份，同时通过邮件提交上述材料电子文档，过期不候。《资质认定表》和《标书》中需盖章处应加盖高校/科研院所、或其科研主管部门印章，否则视作无效标书（不能盖高校所属院系、科研院所所属部门印章）。



3、高校/科研院所应标团队应事先在各自高校/科研院所科研主管部门备案，同一所高校/科研院所只允许一个团队参与同一个课题竞标，如遇两个及以上团队参与同一个课题竞标，由科研主管部门协调推荐，否则，基金会秘书处有权优先选择在科研主管部门备案的团队参与后续招投标评审答辩工作，仅在同一个课题只有一所高校/科研院所、且有多团队应标的情况下，才允许同校/同所的不同团队同台竞标。

4、应标团队所有成员不得同期参与两个及以上课题竞标，在基金会已有课题且未结题验收的课题中所有团队成员也不得参与竞标，凡发现有重名现象的课题，均被视为无效标书。

5、竞标团队负责人应具有副教授及以上职称或博士毕业及以上学历，担任院系及学校领导职务的人员不宜担任应标团队负责人；应标团队每个成员必须要有相应的研制任务，杜绝“沾亲带故”，“徒有虚名”现象，如果在后续实施过程中发现有长期不参加项目研制工作人员的情况，比如，秘书处每三个月召集一次课题研制工作例会，连续两次不参加课题研制工作例会的成员，基金会秘书处有权向应标团队及其所在高校/科研院所科研主管部门发出“除名”告示，如果涉及的是课题负责人，必须由课题负责人出具书面承诺（保证按要求参加后续基金会秘书处召集的季度研制工作例会，且本人亲笔签名）、并经其所在高校/科研院所担保（盖章）方可，否则，基金会秘书处有权直接向课题组以及所属高校/科研院所科研主管部门发出“中止课题研制工作”的告示。

6、竞标单位在编制标书期间，可通过基金会秘书处协助，与课题申请单位进行适当的技术交流。

7、由基金会秘书处对竞标团队负责人资质进行认定，符合竞标条件的团队，由基金会秘书处通过邮件告知其进入后续评标答辩环节；**答辩时间一般安排在当年的 5 月 4 日~31 日期间**，采用腾讯视频会议方式举行。在答辩期间内如有特殊情况（比如 5 月 15 日~18 日有出国计划、5 月 21 日下午有课，等等），请提前告知，以便基金会秘书处酌情（避让）安排。

8、答辩前应标团队须提前通过邮件提交 PPT 版电子文档，PPT 介绍材料应根据标书（可行性方案）章节顺序及其内容编制。

9、评标结果（指经领导审批）由基金会秘书处通过邮件告知参与该课题应标的所有团队负责人及其所在高校/科研院所科技主管部门，如有异议，应标团队负责人可通过所在高校/科研院所科技主管部门与基金会秘书处沟通，基金会秘书处不接待个人质询。

10、上汽科技基金会秘书处联系方式：

地 址：上海市静安区威海路 489 号上汽大厦 2103 室 邮编：200041

联系人：王燕文 孙代豫

电 话：021-22011216 22011226

Email : wangyanwen@saicmotor.com sundaiyu@saicmotor.com

上海汽车工业科技发展基金会

秘书处

2022 年 3 月 15 日